

Отчёт по лабораторной работе №1  
Изучение особенностей возбуждения и  
распространения акустических волн СВЧ в твердых  
телах

Плюскова Н.,  
Шарапов А.,  
Пасько И.

17 января 2024 г.

# 1. Теоретические данные

Под затуханием ультразвуковых волн (УЗВ) обычно понимают уменьшение интенсивности вдоль пути ее распространения. Это связано со следующими процессами: поглощением энергии УЗВ и переходом ее в тепло, с рассеянием на неоднородностях и причинами, создающими кажущееся поглощение, связанное с методикой измерений, к примеру, разориентации образца относительно основных кристаллографических осей, дифракционные потери, потери из-за не параллельности торцевых граней образца и другие.

Первые две причины создают уменьшение интенсивности, пропорциональные самой интенсивности, то есть  $-dI(x) = \gamma I(x)dx$  или  $I(x) = I_0 e^{-\gamma x}$ . Для амплитуд выражение имеет вид  $U(x) = U_0 e^{-\alpha x}$ .  $U_0, I_0$  – интенсивность и амплитуда УЗВ во входном сечении кристалла.  $\alpha$  – коэффициент затухания амплитуды, а  $\gamma = 2\alpha$  – коэффициент затухания интенсивности. Если при измерении затухания амплитудные характеристики линейны, то для определения  $\alpha$  можно использовать следующее выражение:

$$\alpha = -\frac{1}{x_1 - x_2} \ln \frac{U(x_1)}{U(x_2)}$$

Если регистрация амплитуды УЗВ происходит в одном и том же сечении образца, то  $x_2 - x_1 = 2L$ , где  $L$  – длина образца, а величину можно найти, измеряя отношение амплитуд соответствующих импульсов на экране осциллографа. На этом и основан реализуемый в работе метод.

В работе на одном из двух торцов образца мы возбуждаем УЗВ, распространяющиеся вглубь образца. Переменное электрическое поле прикладывается к преобразователю на очень короткое время (порядка нескольких микросекунд). В результате по кристаллу распространяется короткий цуг УЗВ длиной  $V_s \tau_{\text{имп}}$ , где  $V_s$  – скорость УЗВ. Испытав отражение от параллельной грани и придя обратно, цуг вызывает на обкладках преобразователя переменное напряжение с частотой УЗВ. На выходе мы наблюдаем импульс длиной  $\tau_{\text{имп}}$ . Скорость УЗВ мы находим временную задержку  $n$ -го импульса относительно  $m$ -го. Эта задержка соответствует целому числу двойных проходов цуга УЗВ вдоль образца, поэтому  $V_s = \frac{2L(m-n)}{T_3}$ .

# 2. Экспериментальная часть

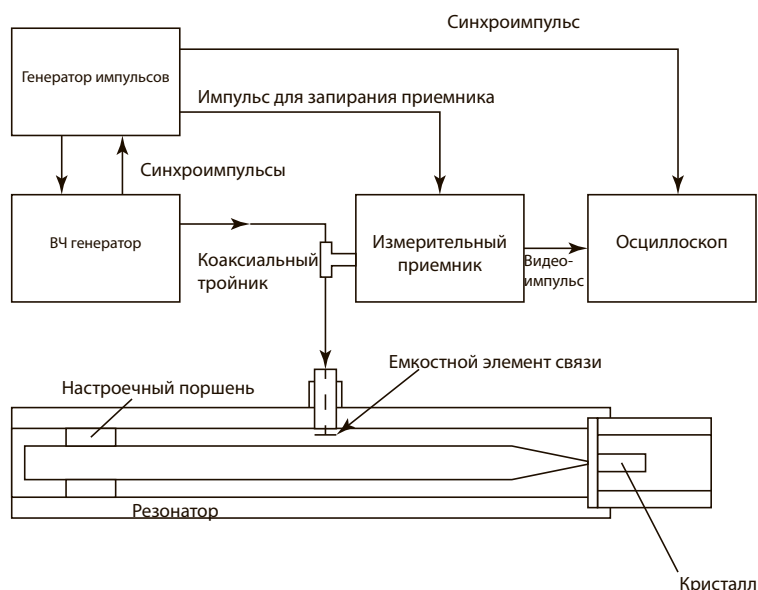


Рис. 1: Схема установки

### 3. Результаты эксперимента и обработка данных

На частоте 420 МГц измерим коэффициент затухания амплитуды УЗВ и скорость УЗВ в кристаллах  $SiO_2$  и двух образцах  $YAG$ :

Образец	$\alpha, \frac{дБ}{см}$	$V_s, \frac{см}{мкс}$
SiO <sub>2</sub>	0,39	0,73
Гранат 1	0,42	1,20
Гранат 2	1,59	0,40

Исходя из полученных данных, определим константы упругости второго порядка:

$$C_{11} = \rho \cdot V_s^2 = 0,12 \frac{кг}{м \cdot с^2} - \text{Кремний}$$

КАК ДЛЯ ГРАНАТА НАЙТИ КОМБИНАЦИИ КОНСТАНТ УПРУГОСТИ?

Снимем частотную зависимость  $\alpha(\nu)$  в  $SiO_2$  и построим соответствующий график в двойном логарифмическом масштабе:

ГРАФИК

Проведем расчет  $\Delta_{диф}$  на  $\nu = 400$  МГц по формуле:

$$\Delta_{диф} = 20 \log\left(\frac{\lambda l}{\pi a^2}\right) \cdot \frac{\sin\left(\frac{\lambda l}{\pi a^2} \cdot \frac{\pi}{3.83}\right)^4}{\left(\frac{\lambda l}{\pi a^2} \cdot \frac{\pi}{3.83}\right)^4} = \quad (1)$$

Радиус преобразователя приближенно равен  $a = 0.05$  см,  $l = 2L$ ,  $\lambda_z = \frac{l/t}{400\text{МГц}} = 625$  нм

### 4. Выводы

В ходе работы была снята частотная характеристика коэффициента затухания амплитуды УЗВ, на частоте 420 МГц определены скорости УЗВ в кремнии и двух образцах граната, определены комбинации констант упругости 2-го порядка всех образцов. Также были оценены дифракционные потери в кристалле кремния.